



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STATICKÉ ŘEŠENÍ PREFABRIKOVANÉ HALY

STATIC ANALYSIS OF PRECAST HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Juda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Juda
Název	Statické řešení prefabrikované haly
Vedoucí práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební podklady
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN
3. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986
4. D. Majdúch: Zásady vystužování betónových konstrukcí. ALFA 1984.
5. Vhodné výpočetní program (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.)
6. Bažant Z., Montované konstrukce. Skripta VUT Brno.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracovat stavební a konstrukční návrh prvků haly. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže). Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x), Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá statickým řešením železobetonové prefabrikované haly. Konkrétně je zde řešena příčná vazba haly, která je tvořena čtvercovými sloupy a předem předpjatým vazníkem tvaru I-profilu. Zatížení působící na konstrukci jsou přenášena do podloží pomocí železobetonových patek, které nebyly v rámci bakalářské práce řešeny. Obsah bakalářské práce je založen na dimenzování jednotlivých prvků příčné vazby podle ČSN EN 1992-1-1. Tyto prvky jsou dimenzovány na mezní stav únosnosti. Ve výkresové části jsou zpracovány výkresy skladby, tvarů a výztuže jednotlivých částí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rámová konstrukce, železobetonový prefabrikovaný skelet, předem předpjatý vazník, sloup, železobeton, statický výpočet, mezní stav únosnosti

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on static solution of precast reinforced concrete. Specifically, the cross-sectional connection of the hall, which consists of square columns and a pre-prestressed I-profile truss, is solved here. The load on the structure is transferred to the subsoil by reinforced concrete pavements, which have not been solved in the bachelor thesis. The content of bachelor thesis is based on the dimensioning of individual elements of the transverse bond according to ČSN EN 1992-1-1. These elements are dimensioned to the ultimate load condition. Drawings of the structure, shapes and reinforcement of individual parts are processed in the drawing part.

KEYWORDS

Frame structure, reinforced precast frame, pre-prestressed truss, column, reinforced concrete, static calculation, ultimate limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jan Juda *Statické řešení prefabrikované haly*. Brno, 2017. 14 s., 113 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2017

Jan Juda
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2017

Jan Juda
autor práce

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Autor práce Jan Juda

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav betonových a zděných konstrukcí

Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Statické řešení prefabrikované haly

Název práce v anglickém jazyce Static analysis of precast hall

Typ práce Bakalářská práce

Přidělovaný titul Bc.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze PDF

Abstrakt práce Bakalářská práce se zabývá statickým řešením železobetonové prefabrikované haly. Konkrétně je zde řešena příčná vazba haly, která je tvořena čtvercovými sloupy a předem předpjatým vazníkem tvaru I-profilu. Zatížení působící na konstrukci jsou přenášena do podloží pomocí železobetonových patek, které nebyly v rámci bakalářské práce řešeny. Obsah bakalářské práce je založen na dimenzování jednotlivých prvků příčné vazby podle ČSN EN 1992-1-1. Tyto prvky jsou dimenzovány na mezní stav únosnosti. Ve výkresové části jsou zpracovány výkresy skladby, tvarů a výztuže jednotlivých částí.

**Abstrakt práce
v anglickém
jazyce** This bachelor thesis is focused on static solution of precast reinforced concrete. Specifically, the cross-sectional connection of the hall, which consists of square columns and a pre-prestressed I-profile truss, is solved here. The load on the structure is transferred to the subsoil by reinforced concrete pavements, which have not been solved in the bachelor thesis. The content of bachelor thesis is based on the dimensioning of individual elements of the transverse bond according to ČSN EN 1992-1-1. These elements are dimensioned to the ultimate load condition. Drawings of the structure, shapes and reinforcement of individual parts are processed in the drawing part.

Klíčová slova Rámová konstrukce, železobetonový prefabrikovaný skelet, předem předpjatý vazník, sloup, železobeton, statický výpočet, mezní stav únosnosti

**Klíčová slova
v anglickém
jazyce** Frame structure, reinforced precast frame, pre-prestressed truss, column, reinforced concrete, static calculation, ultimate limit state

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Milošovi Zichovi za jeho ochotu, rady a připomínky, které mi v průběhu práce poskytnul. Dále bych chtěl poděkovat mé přítelkyni a rodině za podporu při studiu.

Jan Juda



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STATICKÉ ŘEŠENÍ PREFABRIKOVANÉ HALY

STATIC ANALYSIS OF PRECAST HALL

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Juda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2017

Obsah

1. Úvod	13
2. Popis konstrukčního systému stavby.....	13
3. Hlavní konstrukční prvky.....	14
3.1. Sloupy	14
3.2. Vazníky	14
3.3. Vaznice	15
3.4. Ztužidla.....	16
3.5. Základové nosníky	16
3.6. Kalichy	17
3.7. Základové patky	17
4. Zatížení uvažovaná ve výpočtu.....	18
5. Materiály v nosných konstrukcích	18
6. Použité podklady a literatura	19
7. Seznam příloh.....	21

1. Úvod

Hlavním úkolem této bakalářské práce je návrh a posudek vybraných prvků výrobní haly. Výrobní hala se nachází ve Zruči nad Sázavou v průmyslové zóně.

V rámci bakalářské práce byla řešena typická příčná vazba haly, která je tvořena ze sloupů a předem předpjatého vazníku. Byly zde provedeny výpočty jednotlivých prvků ručním výpočtem a následné ověření pomocí softwaru SCIA Engineer.

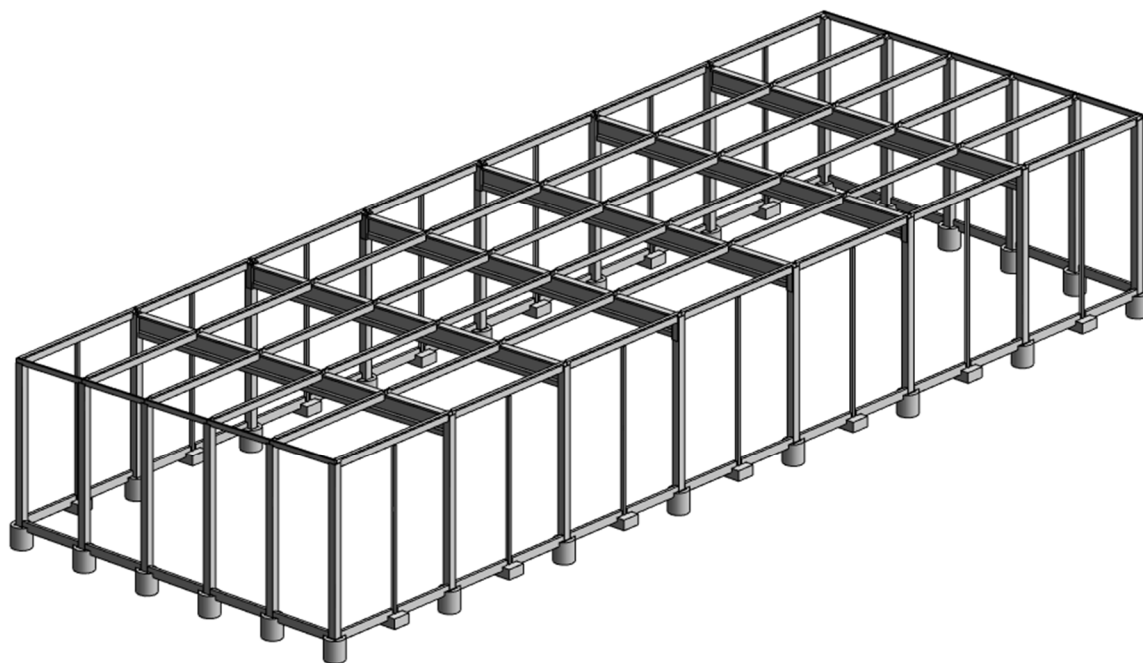
Výkresová dokumentace byla zpracována v BIM softwaru Revit 2016, který je určen pro tvorbu informačního modelu budovy a následné tvorby výkresů.

Návrh výztuže vybraných částí byly provedeny v souladu s evropskými normami, a to převážně s ČSN EN 1992-1-1.

2. Popis konstrukčního systému stavby

Konstrukční systém výrobní haly tvoří jednododní železobetonový prefabrikovaný skelet. Modulová vzdálenost sloupů je 12,0m. Ve vrcholu hlav sloupů jsou navrženy sloupové vidlice, které slouží pro uložení předem předpjatého vazníku. Vazník je tvaru I-profilu s celkovou výškou 1,75m. Nosnou konstrukci zastřešení tvoří příčně uložené vaznice v osové vzdálenosti 6,0m.

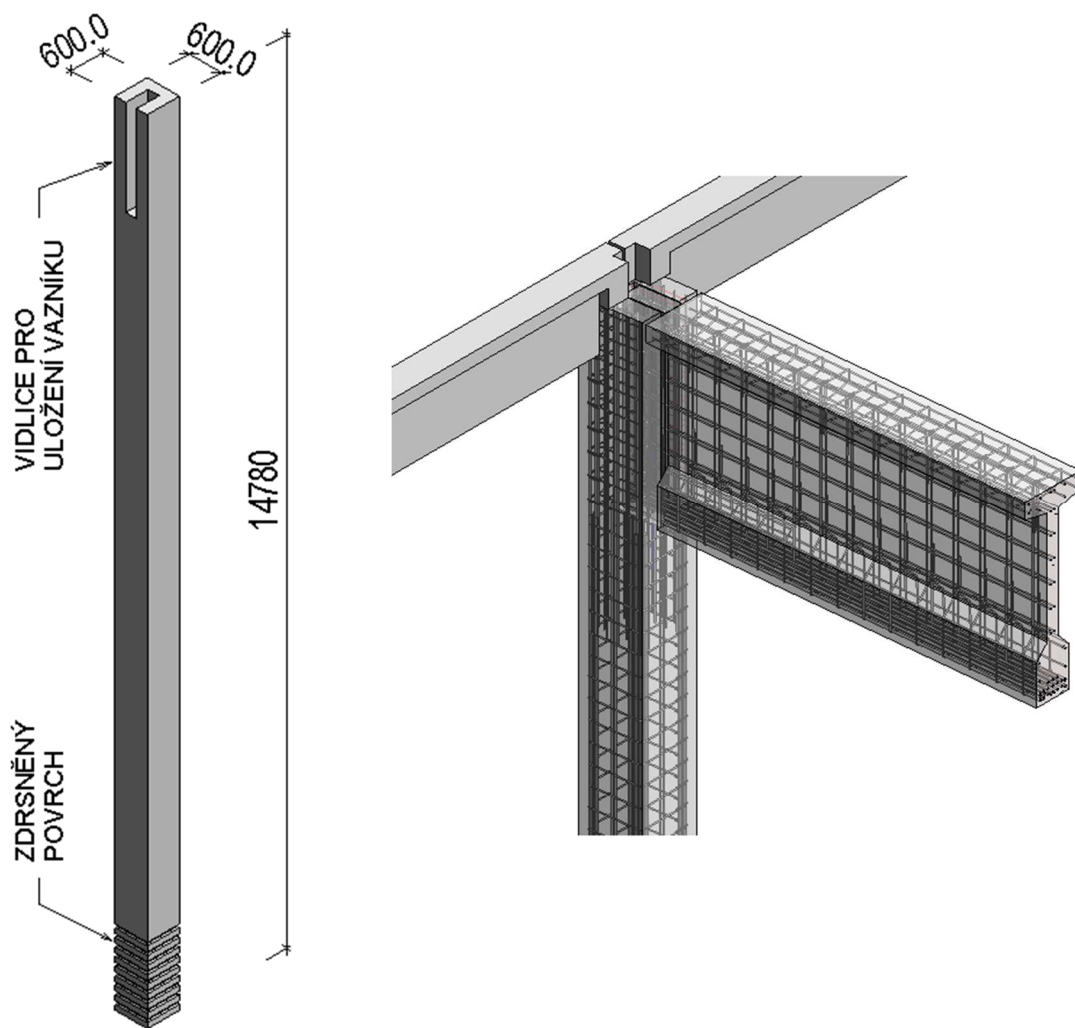
Založení objektu je na velkopřůměrové vrtané piloty. Na hlavy pilot budou vybetonovány kalichy, do kterých budou sloupy vetknuty.



3. Hlavní konstrukční prvky

3.1. Sloupy

Všechny sloupy jsou navrženy čtvercového průřezu 600 x 600 mm. Budou vyrobeny z betonu třídy C30/37 - XC1 a vyztuženy betonářskou ocelí B500B. Sloupy jsou uloženy do kalichu pilot. V dolní části sloupu budou mít na délku vetknutí do kalichu zdrsňený povrch (viz. ST06 – DETAILS). Zálivka v kalichu bude provedena samozhutnitelným betonem min. třídy C30/37. V horní části sloupu, resp. v hlavě sloupu, bude provedena vidlice pro uložení vazníku s vyčnívajícími trny.



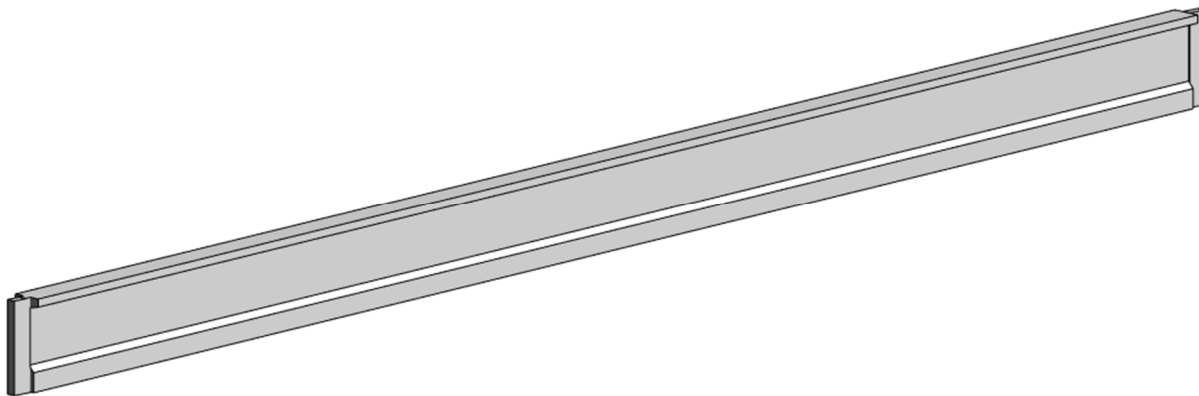
3.2. Vazníky

Vazníky budou ukládány v příčném směru do vidlic v hlavách sloupů. Navržený je I-průřez s konstantní výškou 1750 mm. Budou vyrobeny z betonu třídy C50/60 - XC1 a vyztuženy betonářskou výztuží B500B a předpínací výztuží Y1860 S7 - 15,3 - A.

Počáteční napětí v předpínací výztuži je 1440 MPa a napínací síla je 2620,80 kN. Napětí do výztuže je vneseno před zahájením betonáže a následně je vazník

vybetonován. Po procesu propařování a proteplování po dobu 1 den je do vazníku vneseno předpětí. Následně je vazník uložen na skládku, kde zraje po dobu 28 dní. Po uplynutí 28 dnů, je vazník převezen na stavbu a zabudován do konstrukce. Zahájení provozu je po 60 dnech od vybetonování vazníku.

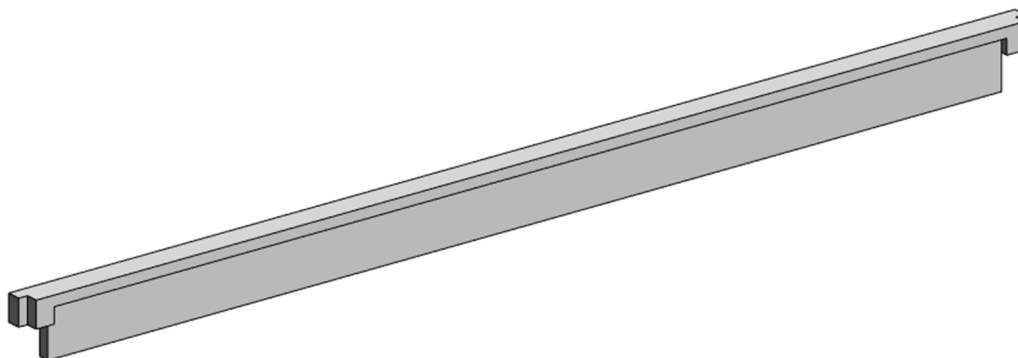
Po uložení vazníku na vyčnívající trny ze zhlaví sloupu, bude otvor zalit zálivkovou maltou a budou odřezány manipulační oka.



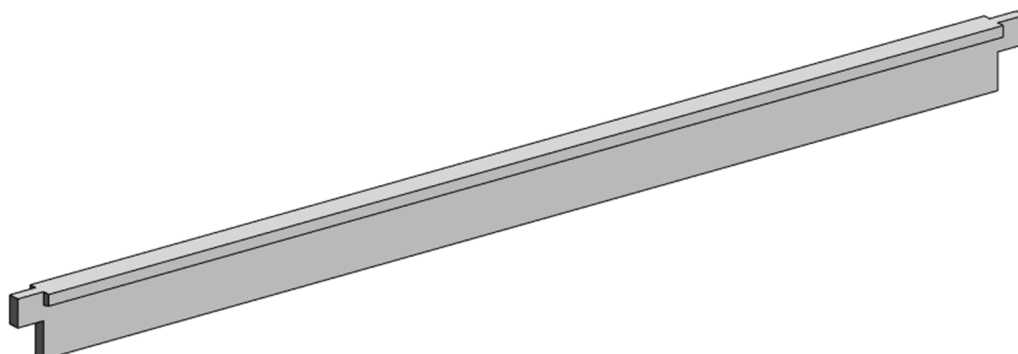
3.3. Vaznice

Vaznice jsou ukládány příčně na vazníky a jsou T-průřezu. Budou vyrobeny z betonu třídy C25/30 - XC1 a vyztuženy betonářskou ocelí B500B. Vaznice jsou v bakalářské práci zakresleny pouze orientačně, dále nebyly řešeny.

- krajní vaznice

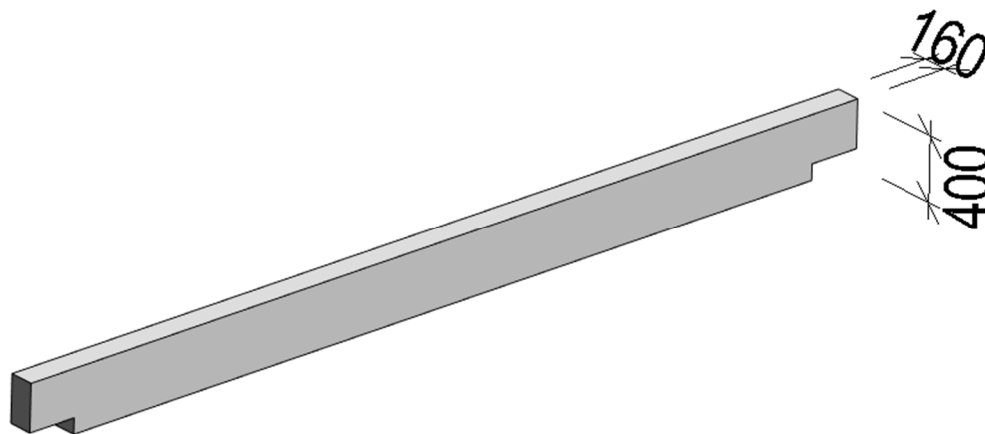


- střední vaznice



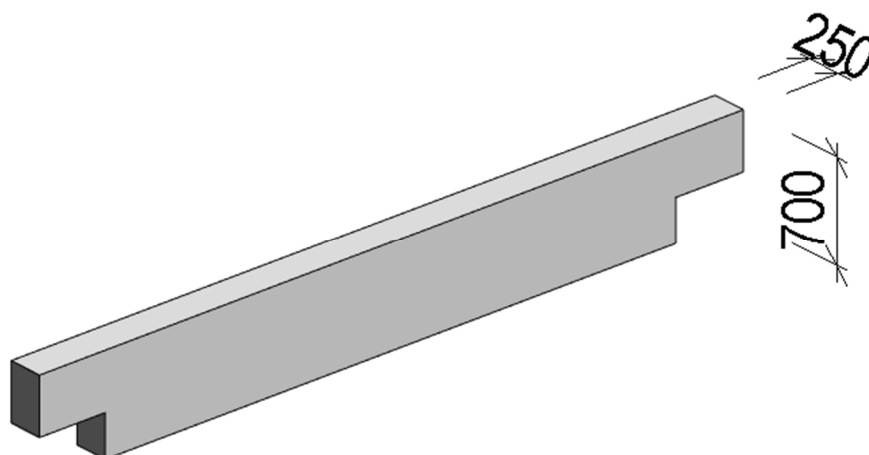
3.4. Ztužidla

Střešní ztužidla jsou umístěna na štítové stěně a jsou obdélníkového průřezu. Budou vyrobeny z betonu třídy C25/30 - XC1 a vyztuženy betonářskou ocelí B500B. Ztužidla jsou v bakalářské práci zakresleny pouze orientačně, dále nebyly řešeny.



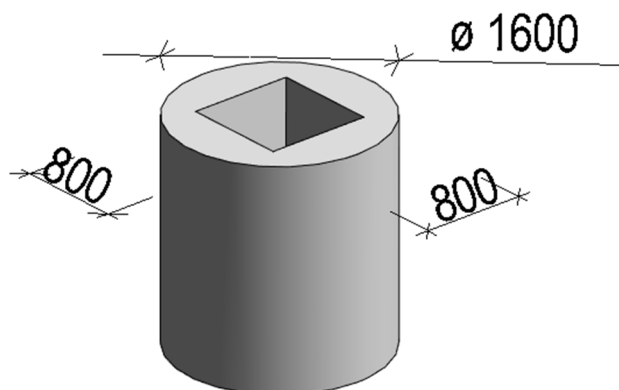
3.5. Základové nosníky

Základové nosníky jsou obdélníkového průřezu. Budou vyrobeny z betonu třídy C25/30 - XC2 a vyztuženy betonářskou ocelí B500B. Základové nosníky jsou v bakalářské práci zakresleny pouze orientačně, dále nebyly řešeny.



3.6. Kalichy

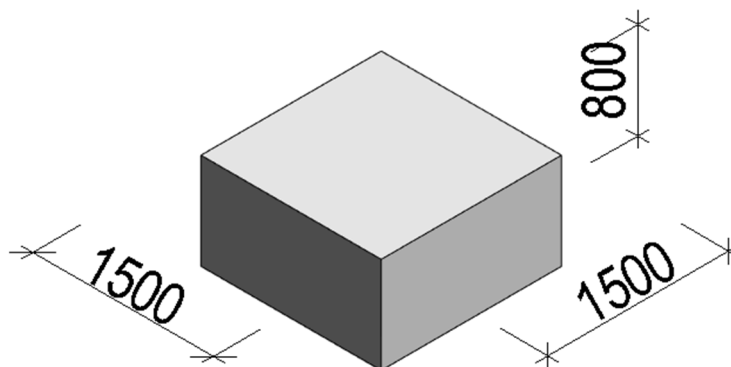
Kalichy budou provedeny na velkopřůměrových pilotách. Půdorysný průřez kalichu je kruh o průměru 1600 mm. Vnitřek kalichu bude zdrsňen tak, aby došlo ke zmonolitnění se sloupem pomocí zálivky. Kalich bude vyroben z betonu třídy C25/30 - XC2 a vyztužen betonářskou ocelí B500B.



3.7. Základové patky

Základové patky budou provedeny na velkopřůměrových pilotách. Půdorysný průřez patky je čtverec o rozměrech 1500 x 1500 mm. Základová patka bude z betonu C25/30 - XC2 a vyztužena betonářskou ocelí B500B.

Na základovou patku bude uložen ocelový sloup (OS1) průřezu HEB240.



4. Zatížení uvažovaná ve výpočtu

- | | |
|-----------------------------------|-------------------|
| - vlastní tíha nosných konstrukcí | součinitel = 1,35 |
| - stálé zatížení | |
| o střešní plášť | součinitel = 1,35 |
| o technologické podvěsy | součinitel = 1,35 |
| - klimatická zatížení | |
| o sněhem – III. oblast | součinitel = 1,50 |
| o větrem – II. oblast | součinitel = 1,50 |

Pro návrh a posouzení konstrukčních prvků byla uvažována kombinace 6.10 dle ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí.

5. Materiály v nosných konstrukcích

- | | |
|---------------------|--------------|
| - sloupy | C30/37 - XC1 |
| - vazníky | C50/60 - XC1 |
| - vaznice | C25/30 - XC1 |
| - ztužidla | C25/30 - XC1 |
| - základové nosníky | C25/30 - XC2 |
| - kalichy | C25/30 - XC2 |
| - základové patky | C25/30 - XC2 |

6. Použité podklady a literatura

Seznam použité literatury:

- [1] BAŽANT, Zdeněk, Vladimír MELOUN a Ladislav KLUSÁČEK. *Betonové konstrukce IV: montované konstrukce pozemních staveb*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2444-3.
- [2] WITZANY, Jiří, Vladimír MELOUN a Ladislav KLUSÁČEK. *Konstrukce pozemních staveb 70: prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-010-2656-6.
- [3] NAVRÁTIL, Jaroslav, Vladimír MELOUN a Ladislav KLUSÁČEK. *Předpjaté betonové konstrukce: prefabrikované konstrukční systémy a části staveb*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2649-7.

Seznam použitých norem:

- [5] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [6] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – část 1-1: Vlastní tíha a užitná zatížení
- [7] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – část 1-3: Zatížení sněhem
- [8] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – část 1-1: Zatížení větrem
- [9] ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla
- [10] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Seznam použitých softwaru:

- [11] SCIA Engineer 16.1 - pro výpočty konstrukcí
- [12] Autodesk Revit 2016 - pro tvorbu informačního modelu budovy
- [13] Autodesk AutoCAD 2016
- [14] Microsoft Word
- [15] Microsoft Excel

Seznam použitých značek a symbolů:

A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
V_{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly
b_w	šířka stojiny průřezu T, I nebo L
d	průměr; hloubka
d	účinná výška průřezu
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
e	výstřednost; excentricita
f_c	pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{cm}	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctk}	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
f_y	mez kluzu betonářské výztuže
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
h	výška
h	celková výška průřezu
$1/r$	křivost ohybové čáry v určitém průřezu
t	uvažovaný časový okamžik
t_0	stáří betonu v okamžiku zatížení
u	obvod betonového průřezu o ploše A_c
x	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačného okraje
z	rameno vnitřních sil
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení G
γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu, zahrnující nejistoty vlastností materiálu, geometrických odchylek a použitého výpočetního modelu
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení Q
γ_s	dílčí součinitel betonářské nebo předpínací oceli
ζ	redukční součinitel; rozdělovací součinitel
ϵ_c	poměrné stlačení betonu
ϵ_{cu}	mezí poměrné stlačení betonu
θ	úhel
λ	štíhlostní poměr
Φ	průměr prutu betonářské výztuže
$\varphi (\infty, t_0)$	konečná hodnota součinitele dotvarování

7. Seznam příloh

- P1) Použité podklady
 - V1 – PŮDORYS SLOUPŮ A ZÁKLADOVÝCH PRAHŮ
 - V2 – PŮDORYS STŘECHY
 - V3 – ŘEZY, POHLEDY
- P2) Statický výpočet vazníku V1
- P3) Statický výpočet sloupů S1, S2
- P4) Výkresová dokumentace
 - ST01 – PŮDORYS ZÁKLADŮ + SLOUPŮ
 - ST02 – PŮDORYS STŘECHY A ŘEZY
 - ST03 – VÝKRES TVARU A VÝZTUŽE – VAZNÍK V1
 - ST04 – VÝKRES TVARU A VÝZTUŽE – SLOUP S1
 - ST05 – VÝKRES TVARU A VÝZTUŽE – SLOUP S2
 - ST06 – DETAILS